Übersetzung aus der japanischen Zeitschrift
"Nainen Kikan" (Die Brennkraftmaschine)
Band 6, Heft Nr.58, April 1967, Seite 73-80

Der Vergaser

von Prof.Dr. Yasuke ASANO
Techn.Fakultät der Universität
Chiba

1. Die Geschichte des Vergasers

Es war im Jahre 1883, also von nunmehr 85 Jahren, als Gottlieb Daimler (1834-1900) seinen ersten Benzinmotor baute. Bis dahin waren die Verbrennungskraftmaschinen, mi Ausnahme einiger weniger Versuchsmodelle, nahezu ausschließlich mit Gas arbeitende stationäre Gasmotoren gewesen; Daimler hat einen kleinen schnell laufenden Motor mi flüssigem Kraftstoff für Fahrzeuge gebaut und praktisch verwendet.

Daimler hat in seinem ersten Motor einen unter dem Namen Maybach-Schwimmervergaser (W.Maybach, 1846-1929) bekannte Luftblasenvergaser (bubbling carburettor) verwendet[1]. Bei der im Oktober 1964 in Yanase (?) veranstalteten Benz Ausstellung hatten wir Gelegenheit, diesen Motor im Original zu sehen; er war ungeheuer eindrucksvoll, dieser groß auf Hochglanz polierte Messingzylinder, der da seitlich neben dem Motorzylinder herabhing (Abb.1).

In diesem Messingzylinder befand sich der Benzin-Vorrat, und unterhalb des Flüssigkeitsspiegels des Benzins wurde heiße Luft eingeleitet; während nun diese heiße Luft in Form von Blasen hochstieg, wurde der Kraftstoff vergast. Diesem aus Kraftstoff und Luft bestehenden Gasgemisch wurde durch ein von Hand bedientes Regelventil zusätzlich noch frische Luft beigemischt, und auf diese Weise erhiel

man das richtige Gemischverhältnis. Am Motor befand sich ein Regler, der "hit and miss"-Bauart, welcher das Auspuffventil bald in Tätigkeit setzte, bald stillsetzte; die Drehzahl des Motors war konstant. Das Ansaugventil war ein selbsttätiges Ventil.

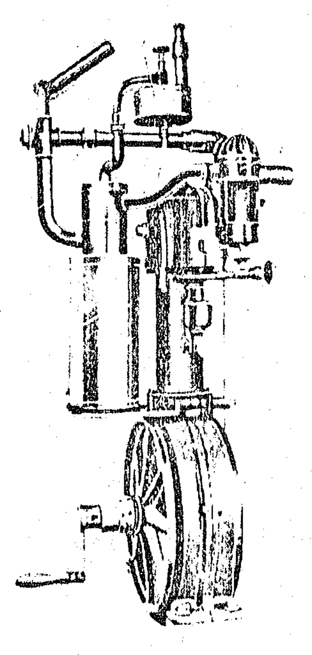


Abb.1
Auf der Benz-Ausstellung gezeigter Daimler-Motor (Baujahr 1885, 0.46 l, 1.1 PS, 650 U/Min, der Maybach-Luftblasenvergaser ist mit a gekennzeichnet)

Als die Verbrennungskraftmaschinen noch Gasmotoren waren, war es ein großes und ungelöstes technisches Problem, wie man es angreifen müßte, um flüssige Kraftstoffe an Ort und Stelle zu vergasen; so schien es auch ganz selbstverständlich zu sein, daß man den diesem Zweck erfüllenden Apparat als den Vergaser bezeichnete. Was demhingegen die Bezeichnung "carburator" (carburetter, carburettor, carbureter, carburetor) anbelangt, so ist vor dem Verfasser das Auftreten einer solchen Bezeichnung zwar keineswegs klar und zutreffend, die ursprüngliche Bedeutung des Wortes "carburation" bezog sich jedoch auf ein Zuführen und Zusetzen von Kohlenstoff (carbon), denn im Jahre 1825 hatte der auf dem Gebiete der Elektrizität berühmte M.Faraday (1791-1867) die Entdeckung gemacht, daß das damals schon vorhandene Benzol eine chemische Verbindung aus Kohlen-

stoff und Wasserstoff darstellte und er hatte dieser Verbindung den Namen "bicarburet of hydrogen" gegeben, der in der Geschichte der Wissenschaft viel genannt wird. Nun wird zwar in einem Vergaser kein Kohlenstoff zugesetzt, aber es werden der Luft Kohlenwasserstoffe zugesetzt und es ist wohl möglich, daß die Bezeichnung "carburator" von dieser Tatsache her ihren Ausgang genommen hat[4).

Auch heute ist es nicht falsch zu sagen, daß einer der Zwecke des Vergasers in der Vergasung des flüssigen Kraftstoffes besteht, dazu kommt jedoch noch ein anderer Zweck hinzu. Im ersten Motor von Gottlieb Daimler haben wir eine Steuerung der Leistung durch eine Drosselklappe, die es garnicht gab, und wir haben eine automatische Regulierung der Konzentration des Gasgemisches, an die zu der damaligen Zeit noch niemand gedacht hatte.

Der Luftblasenvergaser wird auch als Oberflächenvergaser (surface carburettor) bezeichnet. Als eine verbesserte Ausführungsform hat man in den Kraftstofftank einen Lampendocht (wick) eingetaucht, und Vergaser, bei denen man zum Zwecke einer besseren Vergasung die Oberfläche vergrößert hatte, und die man als Dochtvergaser (wick carburettor) bezeichnete, hat es noch bis zum Jahre 1910 gegeben, damals war jedoch bereits der auch heute noch bekannte Spritzdüsenvergaser (spray carburettor, jet carburettor) entwickelt worden.

Bei einem Oberflächenvergaser bleiben während der Kraftstoff vergast wird, nach und nach die schwer verdampfenden Kohlenwasserstoffe im Kraftstofftank zurück, was einen großen Nachteil darstellt. Man muß natürlich in diesem

Falle den Vergaser sehr groß bauen. Um diese Nachteile auszuschließen, hat man den Spritzdüsenvergaser geschaffen, bei welchem der Kraftstoff in ganz feine Teilchen zerstäubt und in der angesaugten Luft schwebend gehalten wird, so daß auf diese Weise die Oberfläche der Flüssigkeit außerordentlich vergrößert wird und eine gute Vergasung zustande kommt. In diesem Falle ändert sich die Verdunstbarkeit des im Kraftstofftank zurückbleibenden Kraftstoffes vom Anfang bis zum Schluß praktisch überhaupt nicht. Dadurch, daß es bei diesem Spritzdüsenvergaser gelingt, den Kraftstoff in einem ganz kleinen Raume eine große Oberfläche zu geben, kommt man natürlich auf verhältnismäßig kleine Bauformen des Vergasers. Auf dem Umweg über diese verschiedenen Typen, welche Vorläufer des Vergasers darstellen, ist der Vergaser von Maybach erstmals praktisch verwendet worden (siehe Abb.2); wir finden ihn nämlich bei dem in einer französischen Werkstätte gebauten mit dem Namen Phoenix bezeichneten Zweizylinderreihenmotor. Das war im Jahre 1892[1].

An diesem Vergaser finden wir, wie wir das in der Abb.2 sehen können, wenn man von der Drosselklappe absieht, bereits alle Hauptelemente, die heute zu einem Vergaser gehören. Wenn wir heute von einem Vergaser sprechen, dann meinen wir den Spritzdüsenvergaser.In der damaligen Zeit besaß der Motor zwar, wie wir das oben schon erwähnt haben, einen Regler, welcher auf die Betätigung des Auspuffventiles einwirkte, eine Drosselklappe wurde jedoch mit Erfolg an einem Vergaser erstmals im Jahre 1902 angewandt, und zwar war dies der Vergaser von Longuemare[2].

Der erste jedoch, der an einem Luftblasenvergaser eine

Drosselklappe anbrachte und dadurch eine Steuerung der Leistung erreichte, war Karl Benz (1844-1929), der einen solchen Vergaser bereits im Jahre 1893 anwandte[1].

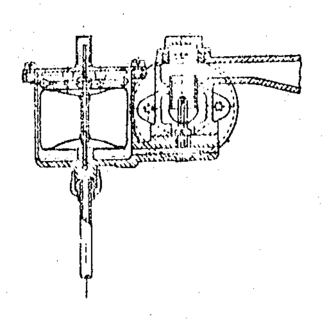


Abb.2
Der Maybach-Spritzdüsenvergaser. Baujahr 1892, an einen Zweizylindermotor (67 mm Bohrung und 108 mm Hub) von 2PS und 760 U/Min. angebaut

An dem in der Abb.2 dargestellten Maybach-Spritzdüsenvergaser sehen wir zwar kein Ventil, durch welches dem Gasgemisch zusätzliche Luft zugeführt wird, in einer Zeichnung jedoch, welche aus dem Jahre 1895 stammen soll, sehen wir an dem gleichen Maybach-Vergaser ein derartiges Ventil[2]. Wenn es keinen Luftblasenvergaser gibt, dann erkennen wir auch bei der in der Abb.2 dargestellten Konstruktion in der einfachen Vergasertheorie, daß das Gasgemisch umso höher konzentriert ("fetter") wird, je mehr die durchströmende Ansaugluftmenge des Motors zunimmt. Da jedoch dies den Erfordernissen des Motors zuwiderläuft und deshalb ganz ungünstig ist, so ist es ganz natürlich, daß man die Zufuhr zusätzlicher Luft durch ein derartiges Ventil für notwendig gehalten hat.

Bei dem auf der Ausstellung in Yanase gezeigten Dreirad-Benzkraftwagen, der von einem Motor mit Luftblasenvergaser angetrieben wurde, wären selbstverständlich einige ganz erhebliche Kniffe notwendig gewesen, wenn man diesen Motor mit einem Maybach-Spritzdüsenvergaser hätte betreiben wollen. Später hat man dann in der Absicht, die oben beschriebene Steigerung der Konzentration zu verhüten, und auch um

einen automatischen Betrieb zu ermöglichen, alle möglichen Erfindungen gemacht und es sind ganz komplizierte Konstruktionen zum Patent angemeldet und auch da und dort praktisch verwirklicht worden; heute hat man sich nun, als Ergebnis einer ganz natürlichen und gesunden Auswahl, auf das erstmals im Jahre 1907 von Claudel angewandte "air bleed"-Verfahren[4)] festgelegt. Das ebenfalls im Jahre 1907 von Barverey zum Patent angemeldete berühmte Zenith-Kompensationsverfahren, sowie ein im Jahre 1910 herausgekommenes, im wesentlichen nach der gleichen Konstruktion arbeitendes Verfahren haben sich zwar bis heute gehalten, jedoch kommen diese Verfahren nach und nach außer Gebrauch.

2. Der einfache Vergaser

Ein einfacher Vergaser besteht aus einem Venturi-Rohr, welchem die Aufgabe zukommt, die Menge der vom Motor angesaugten durchströmenden Luft festzustellen, aus einer Schwimmerkammer, der die Aufgabe zufällt, die Kraftstoffmenge abzumessen, aus einer Kraftstoffstrahldüse und aus einer Drosselklappe,welche der Steuerung des Druckes der vom Motor angesaugten Luft dient; einen solchen Vergaser bezeichnen wir als einen "einfachen Vergaser" (simple carburettor, elementary carburettor) (siehe Abb.3).

Hier müssen wir zunächst eine Erklärung darüber geben, was unter dem Worte "jet" (Kraftstoffstrahl) zu verstehen ist. Wenn man heute beispielsweise in der Wasserkrafttechnik von einem "jet" spricht, so meint man damit einen unter großem Druck ausströmenden Flüssigkeitsstrahl; tatsächlich bedeutet es jedoch unter anderem ein Ausströmen und eine Ausströmöffnung, außerdem haben wir hier auch die Bedeu-

tung der transitiven bzw. intransitiven Verben "zum Ausströmen bringen" bzw. "ausströmen". Was in der Abb.3 mit der Ziffer 2 bezeichnet ist, wird in der Wasserkrafttechnik gewöhnlich "orifice" genannt, hier von "jet" zu sprechen, wäre schon von der Bedeutung des Wortes "jet" her gesehen ganz und gar unangebracht. Wenn es sich jedoch um einen Vergaser handelt, hat man sich schon lange daran gewöhnt, anstelle des Wortes "orifice" das Wort "jet" zu gebrauchen. Sehr häufig wird auch das, was man in der Abb. 2 bei dem Maybach-Vergaser der Wortbedeutung nach als "jet" (Ausströmöffnung) sehen kann, mit dem Worte "Düse" (nozzle) bezeichnet. In dem Vergaser der Abb.2 gibt es zwar überhaupt kein Teil, welches dem "jet" der Abb.3 entspräche, wir können jedoch annehmen, daß dieses Teil durch das kleine vordere Loch der Ausströmöffnung ersetzt ist.

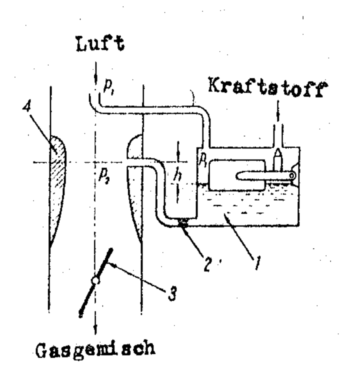
Wenn wir die Trennung und Unterscheidung zwischen Ausströmöffnung einerseits und "orifice" andererseits durchführen, dann gibt es zwar alte Bücher[3)], in denen eine sehr vernünftige Bezeichnungsweise eingeführt ist, in dem man nämlich die zuerst genannte "Ausströmöffnung" als "jet" und das zweite "orifice" als "gauged orifice" bezeichnet wird; heute werden jedoch ganz allgemein die oben dargelegten Bezeichnungen angewandt. In der deutschen Sprache werden übrigens ganz allgemein für den zuerst genannten Begriff das Wort "Austrittsrohr" und für den zuletzt genannten Begriff das Wort "Düse" angewandt.

Wenn wir bei dem in der Abb.3 dargestellten einfachen Vergaser den Gesamtdruck an der Venturi-Eintrittsöffnung mit p_1 und die Kraftstoffausströmöffnung am Venturi-Hals

annehmen, und wenn wir den statischen Druck am Venturi-Hal mit p_2 bezeichnen, dann wird das Gewicht G der das Venturi durchströmenden Luft, wenn wir die Kompressibilität der Luft vernachlässigen, durch folgende Gleichung ausgedrückt

$$G = cF\sqrt{2g\gamma(p_1 - p_2)} \qquad (1)$$

In dieser Gleichung sind c der Strömungsmengenkoeffizient des Venturi, F die Fläche des Venturi-Halses und γ das auf die Volumeneinheit bezogene Gewicht der Luft.



1 - Schwimmerkammer,
2 - Düse,
3 - Drosselklappe,
4 - Venturi-Rohr,

Abb.3 Einfacher Vergaser

Andererseits bekommen wir das Gewicht der durchströmenden Kraftstoffmenge G_f durch folgende Gleichung

$$G_f = c_f f\sqrt{2g\gamma_f \Delta p_f} \qquad (2)$$

Hierin sind c_f der Strömungsmengenkoeffizient der Düse ("jet"), f die Querschnittsfläche der Düse, γ das auf die Volumeneinheit bezogene Gewicht des Kraftstoffes und Δp_f die Differenz des Kraftstoffdruckes vor und nach der Düse.

Wenn wir annehmen, daß in diesem Kraftstoffkanal außer der Düse kein Widerstand vorhanden ist, bzw. wenn wir auch den Widerstand der Düse in Betracht ziehen und den Strömungsmengenkoeffizienten c_f der Gleichung (2) als bestimmt ansehen, dann erhalten wir die Gleichung

$$\Delta p_f = p_1 - p_2 - \gamma_f h \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

Hierin ist h die Höhendifferenz zwischen dem Venturi-Hals und dem Kraftstoffspiegel in der Schwimmerkammer.

Das Kraftstoffluftverhältnis $M(=G_f/G)$ finden wir somit durch folgende Gleichung

$$M = \frac{c_f}{c} \cdot \frac{f}{F} \left(\frac{\gamma_f}{\gamma}\right)^{\frac{1}{2}} K \qquad (4)$$

In dieser Gleichung ist

$$K = \sqrt{1 - \frac{\gamma_f h}{p_1 - p_2}} = \sqrt{1 - \frac{h}{H}} \qquad (5)$$

Hierin ist H eine Größe, welche $p_1 - p_2$ durch die Höhe der Kraftstoffsäule ausdrückt, d.h. also, es ist $p_1 - p_2 = \gamma_f H$.

Die Abb.4 zeigt die Beziehung zwischen K und H/h. Wenn wir die Größen auf der rechten Seite der Gleichung (4) mit Ausnahme von K als konstant annehmen, dann ist das Kraftstoffluftverhältnis zu diesem K proportional und da das Quadrat der durchströmenden Luftmenge zu H proportional ist, so stellt die Gleichung (4) in einem bestimmten Maße eine Beziehung zwischen der das Venturi durchströmenden Luftmenge und dem Kraftstoffluftverhältnis dar und man kann sagen, daß diese Gleichung (4) den Grundcharakter des einfachen Vergasers ausdrückt.

Wir wollen nun einmal annehmen, die das Venturi durchströmende Luftmenge nehme von 0 an nur äußerst langsam zu. Bis die das Venturi durchströmende Luftmenge einen bestimmten Wert erreicht hat und bis H/h = 1 geworden ist, strömt noch kein Kraftstoff aus. Darnach nähert sich das Kraftstoffluftverhältnis Hand in Hand mit der Zunahme der durchströmenden Luftmenge sehr schnell einem bestimmten konstanten Wert.

Da man jedoch mit einer derartigen dimensionslosen Angabe

wenn es sich darum handelt, die Beziehung zum praktischen Fall herzustellen, nicht weiterkommt, so haben wir versucht, einfache Zahlenwerte einzusetzen. Wenn wir für die Luftgeschwindigkeit im Halse des Venturis einen in der

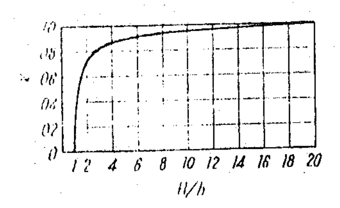


Abb.4

Nähe des in der Praxis angewendeten Maximalwertes liegenden Wert annehmen und w_{max}=100 m/s, c=1, γ=1.20 kg/m^3 (20°C, 760 mm Hg, trockene Luft), γ_f=0.72 x 10^{3}kg/m^3, g=9.8 m/s^2 und h=10 mm nehmen und einsetzen, dann erhalten wir H/h=85. Dieser Wert ist auf der Abszissenachse der Abb.4 nicht angegeben, da er ganz weit rechts draußen liegt, und bei diesem Wert ist K ziemlich genau gleich 1.

Wenn wir sodann unterhalb von c die gleichen Werte wie oben dargelegt anwenden und umgekehrt die einem H/h=1 entsprechende Luftgeschwindigkeit w_1 bestimmen, dann erhalten wir für diese Luftgeschwindigkeit w_1 = 10.8 m/s; somit wird w_1/w_{max} = 0.11. Wenn wir also einen Motor mit einer maximalen Leistung von 100 PS haben, dann wird, bis eine Luftmenge, welche ungefähr 11 PS entspricht, durchströmt, das Benzin nicht vollständig zur Ausspritzung kommen. Damit wir bei der maximalen Leistung ein Kraftstoffluftverhältnis mit einer Konzentration von 90% bekommen, müssen wir, wie sich aus der Abbildung ganz klar ergibt, ein Verhältnis H/h = 5 und somit eine Luftgeschwindigkeit von 10.8 x $\sqrt{5}$= 24.2 m/s haben.

Wie sich aus dem oben Dargelegten ergibt, gibt es bei dem einfachen Vergaser für die Praxis äußerst ungünstige Punkte. Diesen Mängeln kann man jedoch dadurch abhelfen, daß

man h klein macht. Wenn man h=0 macht, dann wird, unabhängig von H, K=1, d.h. also, wenn Luft durchströmt, dann strömt unter allen Umständen auch Kraftstoff durch, und zudem ist das Kraftstoffluftverhältnis unabhängig von der Menge der durchströmenden Luft komstant. Es ist jedoch ganz natürlich, daß dieses Kleinermachen von h dadurch begrenzt ist, daß man darauf bedacht ist, ein Überfließen des Kraftstoffes zu verhüten, wie es schon bei einer kleinen Neigung oder einer ganz kleinen Schwingung des Vergasers verursacht wird.

Wie wir aus der Abb.4 ersehen können, ist bei gleicher durchströmender Luftmenge der Einfluß von h auf das Kraftstoffluftverhältnis bei einer kleinen durchströmenden Luft menge außerordentlich groß. Demzufolge ist es für einen einzigen Vergaser sehr wichtig, daß die Höhe des Kraftstoffspiegels in der Schwimmerkammer genau auf dem vorgeschriebenen Wert gehalten wird und um die Schwankungen des Kraftstoffluftverhältnisses bei niedriger Leistung zwische den einzelnen erzeugten Vergasern möglichst klein zu halten, ist es von größter Wichtigkeit, daß die Schwankungen der Höhe des Kraftstoffspiegels so klein als irgend möglich sind. Wenn man bei der Planung des Vergasers h möglichst groß macht, dann erreicht man dadurch, daß die Schwankungen von h klein sind. Eine dadurch bedingte Verschlechterung der Charakteristik des über der durchströmenden Luftmenge aufgetragenen Kraftstoffluftverhältnisses wird, wie dies im Abschnitt 4 beschrieben ist, durch das Niedrigdrehzahlsystem vermieden.

Wie wir in der Abb.3 sehen, hat man zwar den Gesamtdruck p_1 in der Nähe der Venturi-Eintrittsöffnung genommen und

diesen Druck der Schwimmerkammer zugeleitet, wenn jedoch in der Strömung bis zu diesem Druckentnahmepunkt keine Verluste vorhanden sind, dann kann, da der Gesamtdruck p_1 gleich dem Druck der äußeren Atmosphäre ist, die oben dargelegte Beweisführung genau in der gleichen Weise auch auf den Fall angewandt werden, wo die Schwimmerkammer nach der Außenluft hin offen ist.

Auch wenn wir annehmen, daß Verluste vorhanden sind (wenn ein Luftreiniger oder dergleichen vorhanden ist, dann dürfen wir die Verluste nicht vernachlässigen), dann genügt es, wenn wir diese Verluste sämtliche durch den Wert c der Gleichung (1) in geeigneter Weise berücksichtigen. Dies läßt sich durch eine eimfache Rechnung beweisen, aus Platzersparnisgründen wollen wir hier jedoch darauf verzichten, diesen Beweis zu führen.

Wenn wir annehmen, daß die Kraftstoffausströmöffnung, wie dies in der Abb.3 dargestellt ist, nicht so geöffnet ist, daß man am Venturi-Hals den statischen Druck abnimmt, sondern daß diese Öffnung als Düse gegen die untere Strömung hin geöffnet ist, so ist diese Öffnung natürlich in der Begleitströmung dieses Körpers geöffnet und demzufolge ist zu befürchten, daß man einen niedrigeren Druck aufnimmt als das p_2 der Abb.3. Auch diesen Einfluß kann man im Gas c der Abb.1 umbiegen. Demzufolge ist zu erwarten, daß man quantitativ die bis jetzt gegebene Beweisführung unverändert anwenden kann. Wenn man es jedoch so einrichtet, daß man für ein und dieselbe durchströmende Luftmenge in der Schwimmerkammer einen möglichst hohen Druck und an der Düse einen möglichst niedrigen Druck aufnimmt, dann werden

die oben dargelegten Nachteile des einfachen Vergasers wenigstens bis zu einem gewissen Grade verbessert.

In der Gleichung (1) haben wir zwar die Kompressibilität der Luft vernachlässigt, jedoch selbst dann, wenn bei den oben aufgeführten Zahlenwerten die Strömungsgeschwindigkeit im Venturi-Hals 100 m/s beträgt, wird H/h = 85 und somit erreicht (p_1-p_2) in der Benzinsäule gemessen 850 mm und in der Quecksilbersäule gemessen 87 mm, wir können also die Ausdehnung der Luft nicht vernachlässigen. Wenn sich die Luft ausdehnt, dann wird die Strömungsgeschwindigkeit für eine und dieselbe durchströmende gewichtsmäßig ausgedrückte Luftmenge höher, demzufolge wird (p_1-p_2) größer als es ohne Berücksichtigung der Kompressibilität der Luft würde.

Nun ist es zwar üblich, in der Gleichung (1) den Koeffizienten ε für die Berücksichtigung des Einflusses der Kompressibilität der Gase einzuführen, dieser Koeffizient ist eine Funktion von p_2/p_1, und zwar ist $\varepsilon < 1$. Da dieser Koeffizient ε in den Nenner der Gleichung (4) Eingang findet, so ist das Kraftstoffluftverhältnis nicht proportional zu K. Hand in Hand mit der Zunahme des Gewichtes der durchströmenden Luft wird auch das Kraftstoffluftverhältnis größer, und zwar nimmt das Kraftstoffluftverhältnis in einem viel stärkeren Maße zu als in der Abb.4 und wir erhalten sukzessive Annäherung an ein ganz bestimmtes konstantes Kraftstoffluftverhältnis. Wenn wir einen einfachen Vergaser herstellen und mit diesem Versuche durchführen, dann ist es ganz klar, daß der Einfluß dieses Koeffizienten ε so wie dies die Theorie voraussagt, in Erscheinung tritt.

Wenn in der Gleichung (4) die Durchströmmengenkoeffizienten c_f und c für die durchströmende Kraftstoffmenge und die durchströmende Luftmenge nicht konstant sind, dann ist in diesem Falle auch das Kraftstoffluftverhältnis zu K nicht proportional. Zum Unterschied von dem oben erwähnten Koeffizienten ε ist hier jedoch das Verhältnis von c zu c_f problematisch und somit kann man hier die Änderung des Kraftstoffluftverhältnisses mit bezug auf die durchströmende Luftmenge nicht einfach ganz allgemein als eine Größe diskutieren, welche von der Charakteristik des verwendeten Venturi-Rohres und der verwendeten Düse (jet) abhängig ist. Zum Zwecke des Vergleiches wollen wir die Reynolds'schen Zahlen der Luftseite und der Kraftstoffseite aufstellen. Wenn wir die erhaltenen Reynolds'schen Zahlen auf den Fall anderer Bedingungen umrechnen, dann erhalten wir auf bequeme Weise grundlegende Werte, die wir sehr wohl zu einer Veranschaulichung der Sache verwenden können.

Aus der Definition der Reynolds'schen Zahl ergibt sich

$$R = Q/\left(\frac{\pi}{4}\, d\nu\right) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (6)$$

Hierin sind Q das Volumen der durchströmenden Menge, ν der Koeffizient der kinematischen Viskosität und d der Durchmesser des Venturi-Halses bzw. der Düse (jet). Die Luftseite hat gar keinen Index, während zum Unterschied davon die Kraftstoffseite mit dem Index f bezeichnet ist.

Wenn wir auf der Luftseite d = 20 mm, w = 100 m/s, $\gamma = 1.20$ kg/m^3 und $\nu = 1.5 \times 10^{-5}$ m^2/s setzen, dann erhalten wir bei $Q = \pi \times 10^{-2}$ m^3/s und G = 37.7 g/s, die Reynolds'sche Zahl $R = 1.33 \times 10^5$. Wenn wir die kritische Reynolds'sche Zahl

R_c mit 2.3×10^3 annehmen, dann erhalten wir, wenn wir für d, γ und ν die gleichen Werte nehmen wie oben, die Strömungsgeschwindigkeit w_c, bei dieser kritischen Reynolds'schen Zahl R_c mit w_c = 1.73 m/s; diese Strömungsgeschwindigkeit ist also außerordentlich klein und wir bekommen das Verhältnis $w/w_c = 57.9$.

Wenn wir für die Kraftstoffseite d_f = 1.0 mm, Q_f = 15 l/h, $\gamma_f = 0.72 \times 10^3$ kg/m^3 und $\nu_f = 0.05 \times 10^{-5}$m^2/s setzen, dann erhalten wir bei w_f = 5.31 m/s und G_f = 3.00 g/s ein Verhältnis zu dem obengenannten G 1/12.5 und eine Reynolds'sche Zahl $R_f = 1.06 \times 10^4$. Die kritische Strömungsgeschwindigkeit w_{fc} bei der kritischen Reynolds'schen Zahl von $R_c = 2.3 \times 10^3$ beträgt 1.15 m/s; die kritische Durchströmmenge Q_{fc} beträgt 3.24 l/h, und das Verhältnis w_f/w_{fc} beträgt 4.61, es ist also bei weitem nicht so groß wie der obengenannte Wert des Verhältnisses w/w_c.

Demzufolge ändert sich also c über den gesamten Betriebsbereich nicht allzu sehr, während sich c_f ändert. Da zudem bei kleiner Durchströmmenge c einen kleinen Wert besitzen dürfte, so ist es wahrscheinlich, daß der Wert von M in der Gleichung (4) bei kleiner Menge der durchströmenden Luft klein wird. Wenn wir diese Einflüsse berücksichtigen, dann wird die bereits oben im Zusammenhang mit dem Koeffizienten ε erwähnte Tendenz weiterhin fruchtbringend gemacht.

3. Die Nebenluft (Air Bleed)

Da die charakteristischen Eigenschaften des einfachen Vergasers, bei welchem in der oben beschriebenen Weise durch die Einflüsse der Größen h, ε, (c_f/c) mit steigender

durchströmender Luftmenge das Gasgemisch fetter wird, den Erfordernissen, wie wir sie bei dem gewöhnlichen Betriebszustand eines Motors haben, gerade entgegengesetzt sind, so brauchen wir unbedingt eine automatische Korrektur. Auf dem Gebiete der Vergaser nennt man so etwas "Kompensation" und diesem Zwecke dienen die Kompensationseinrichtungen des Nebenluftverfahrens (air bleed) und des Zenith-Verfahrens.

Die Abb.5 zeigt das Prinzip einer Nebenluftkompensationseinrichtung. In diesem Falle wollen wir die Kraftstoffdüse (jet), über die wir bis jetzt gesprochen haben, "Hauptdüse" (main jet) nennen und die Öffnung auf der Nebenluftseite wollen wir als "Luftdüse" (air jet) bezeichnen und dadurch eine Unterscheidung herbeiführen.

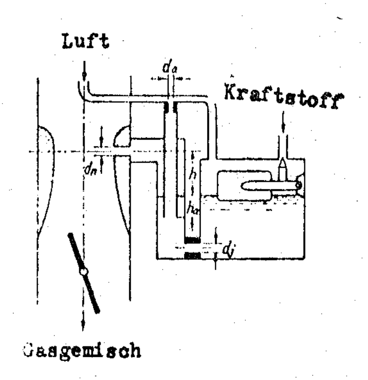
Auf der Unterströmungsseite der Hauptdüse läßt man nicht unmittelbar den Venturi-Unterdruck wirken, sondern durch die Luft, welche die Düse durchströmt hat, wird dieser Unterdruck in geeigneter Weise reduziert. Man sagt, daß diese Nebenluft im Deutschen sehr treffend als "Bremsluft" bezeichnet wird.

Bei einem Vergaser mit Kompensation nach dem Nebenluftsystem kann man durch geeignete Wahl der einzelnen in der Abb.5 angegebenen Parameter h, d_j, d_n, d_a und h_a die Form der die Beziehung des Kraftstoffluftverhältnisses M zu der Menge der das Venturi durchströmenden Luft G darstellenden Kurve ganz beliebig ändern.

Obwohl man bisher über den Einfluß der Nebenluft auf die M-Kurve auf empirischem Wege eine absolute Klarheit gewonnen zu haben glaubte, so ist es doch nicht denkbar, daß

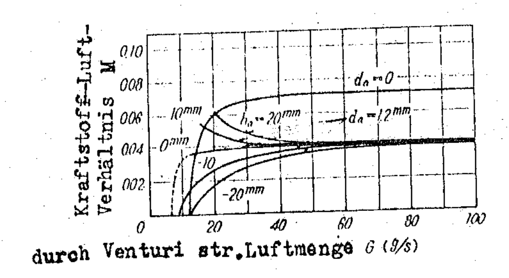
so viele Menschen sich auf den einen Gedanken festgelegt haben, welchen ihnen ihre Erfahrung eingegeben hatte. Nach den neuesten Forschungen der Verfasser jedoch ist der Charakter des Nebenluftkompensationsverfahrens sehr weitgehend geklärt worden. Die Hauptpunkte der Ergebnisse dieser Forschungen sollen im folgenden dargelegt werden[6].

Die Abb.6 bringt Beispiele von Berechnungsergebnissen, welche den Einfluß der in der Abb.5 durch h_a ausgedrückten Nebenluftausströmtiefe zeigen. Die experimentell erhaltenen Ergebnisse stimmen qualitativ außerordentlich gut mit diesen berechneten Werten überein. Die in der Abbildung mit $d_a = 0$ bezeichnete Stelle betrifft einen einfachen Vergaser, bei welchem man die Luftdüse zugestopft hat. Ein positiver Wert von h_a bedeutet den Fall, in welchem die Ausströmöffnung unterhalb dem Kraftstoffspiegel der Schwimmerkammer eingetaucht ist, d.h. also den Fall der sogenannten untergetauchten Nebenluftöffnung (submerged air-bleed, im folgenden durch s.a.b. abgekürzt), und ein negativer Wert von h_a bedeutet den Fall, daß die Ausströmöffnung oberhalb des Kraftstoffspiegels der Schwimmerkammer herauskommt, d.h. also den Fall der sogenannten aufgetauchten Nebenluftöffnung (emerged air-bleed, im folgenden abgekürzt durch e.a.b.).



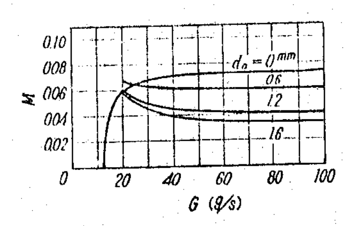
d_j - Hauptdüsendurchmesser,
d_a - Luftdüsendurchmesser,
d_n - Düsendurchmesser ("nozzle" Durchmesser),
h_a - Nebenluftausströmtiefe

Abb.5 Nebenluftkompensationseinrichtung



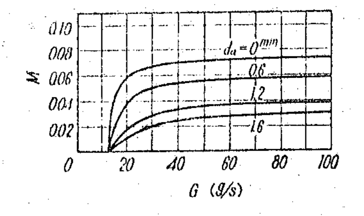
h_a ist die in der Abb.5 gezeigte Tiefe. Bei positiven Zahlenwerten liegt die Öffnung unterhalb des Kraftstoffspiegels, und bei negativen Zahlenwerten liegt sie oberhalb des Kraftstoffspiegels. d_a=0 ist die Kurve des einfachen Vergasers. d_j=2.5 mm, d_n= 2.5 mm und h = 20 mm werden durchweg als konstant angenommen.

Abb.6 Der Einfluß von h_a bei dem Nebenluftkompensationsverfahren



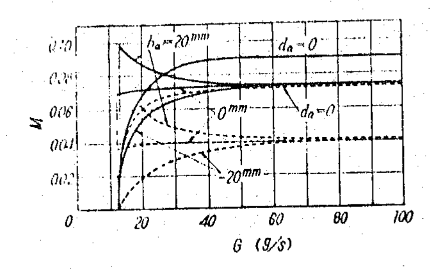
h_a=20 mm; alle anderen Bedingungen wie in Abb.6.

Abb.7 Der Einfluß des Luftdüsendurchmessers d_a (submerged a.b.)



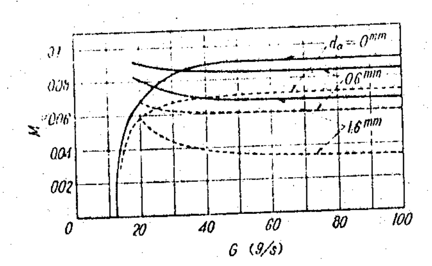
h_a=-20 mm; alle anderen Bedingungen wie in Abb.7.

Abb.8 Der Einfluß des Luftdüsendurchmessers d_a (emerged a.b.)



Bei den punktierten Kurven ist d_n = 2.5 mm wie in der Abb. 6; bei den ausgezogenen Kurven ist d_n = 4.5 mm, und d_a ist mit Ausnahme der eingetragenen Werte durchweg gleich 1.2mm

Abb.9 Der Einfluß des Düsendurchmessers d_n (nozzle Ø)



Bei den punktierten Linien ist d_n = 2.5 mm, wie in der Abb.7; bei den ausgezogenen Linien ist d_n = 4.5 mm und h_a ist durchweg gleich 20 mm (submerged a.b.)

Abb.10 Der Einfluß des Düsendurchmessers d_n (nozzle Ø)

Die Abb.7 und 8 zeigen Ergebnisse, die man erhalten hat, indem man die anderen Bedingungen als konstant angenommen und d_a geändert hat. Die Abb.7 zeigt den Fall von s.a.b. und die Abb.8 den Fall von e.a.b.

Die Abb.9 und 10 zeigen die Ergebnisse, die man für verschiedene Werte von d_n erhalten hat.

Mit Rücksicht auf den Platzmangel müssen wir uns kurz fassen, um jedoch eine M-Kurve von einer gewünschten Form zu erhalten, haben wir die verschiedenen, in der Abb.5 angegebenen Parameter immer wieder geändert und dadurch Hinweise erhalten, welche durch die unteren Kurven der Abb.4 klar werden.

4. Der Kraftstoffausspritzbeginn

Wie bereits im Zusammenhang mit der Abb.4 dargelegt worden ist, besteht einer der großen Nachteile des einfachen Vergasers darin, daß der Kraftstoff solange nicht aus der Düse herauskommt, bis H/h = 1 geworden ist. Als praktisches Problem ist jedoch dieser Nachteil des einfachen Vergasers in dem Augenblick beseitigt, wo, obwohl in der gleichen Weise H/h=1 ist, die in diesem Augenblick durchströmende Luftmenge klein ist.

Um dies zu erreichen, genügt es, wie wir bereits oben dar-

gelegt haben, es so einzurichten, daß für ein und dieselbe durchströmende Luftmenge die Düse einen möglichst niedrigen Druck aufnimmt; ein konkretes Verfahren, um diese Absicht zu verwirklichen, wird bei dem Doppelventuri und bei dem Dreifachventuri angewandt. Ein anderes Verfahren besteht darin, daß man die Querschnittsfläche des Venturi-Halses veränderlich macht und bei kleiner durchströmender Luftmenge diese Querschnittsfläche verkleinert, so daß, obwohl die durchströmende Luftmenge nur ganz klein ist, doch ein hoher Unterdruck erzeugt wird. Ein praktisches Beispiel für dieses Verfahren haben wir in dem Amal-Vergaser. "Amal" ist eine Warenbezeichnung für das Erzeugnis der in der Firma Amalgamated Carburettors Ltd. zusammengeschlossenen und zusammen arbeitenden 3 englischen Firmen, jedoch bereits vor dieser Zusammenarbeit sind nach dem gleichen Prinzip arbeitende Vergaser hergestellt worden und wenn man von den einzelnen kleinen Teilen absieht, ist die Geschichte dieses Vergasers schon sehr alt[3)].

In diesem Falle wird die Größe F der Gleichung (4) mit zunehmender durchströmender Luftmenge größer, was bei konstantem f sehr ungünstig ist, wir müssen deshalb dafür sorgen, daß mit F zusammen auch f zunimmt. Bei dem "Amal"-Vergaser ist, von einigen Ausnahmen abgesehen, im allgemeinen in die Düsenbohrung eine mit einem Konus versehene Düsennadel hineingesteckt, welche mit zunehmendem F hoch gezogen wird, wodurch in wohlbekannter Weise die effektive Querschnittsfläche der Düse vergrößert wird.

Früher hat es einmal den Chandler-Groves-Vergaser gegeben, welcher als Vergaser für Flugmotoren nur eine ganz kurze

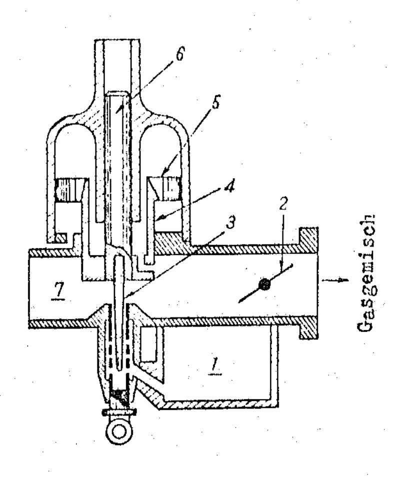
Zeitlang verwendet wurde; dieser Vergaser unterscheidet sich zwar seiner Konstruktion nach sehr stark von dem "Amal"-Vergaser, von den oben dargelegten Gesichtspunkten her gesehen jedoch gehört dieser Vergaser genau zu der gleichen Kategorie[7].

Auch bei dem Zweistufen-Zweigehäuse-Vergaser, der in Japan weitaus am häufigsten verwendet wird und erstmals im Jahre 1956 in den "Prince" eingebaut war, haben wir zwar nicht das kontinuierliche Arbeiten wie bei dem "Amal"-Vergaser, wir können ihn jedoch als einen Vergaser betrachten, bei welchem mit zunehmender durchströmender Luftmenge die Venturiquerschnittsfläche stufenweise vergrößert wird.

Ein etwas anderes System haben wir bei dem SU-Vergaser (Skinner United). Das Prinzip dieses Vergasers ist im Jahre 1905 von dem Engländer G.H.Skinner zum Patent angemeldet worden[4], es handelt sich also auch hier um einen Vergaser, dessen Geschichte schon weit zurückreicht. Die wichtigsten Punkte der Konstruktion dieses Vergasers sind aus der Abb.11 ersichtlich.

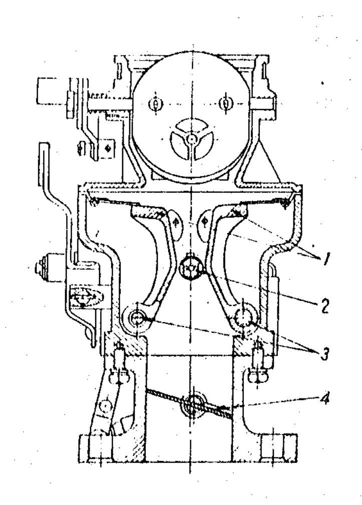
Die Konstruktion des Venturiteiles 7 ist zwar ganz ähnlich wie bei dem "Amal"-Vergaser, jedoch wird der Drosselkolben 4 bei diesem Vergaser durch einen von dem Druck der Strömung nach dem Venturi beaufschlagten Schwebekolben 5 automatisch nach oben oder nach unten verschoben. Somit ist hier nicht, wie beim "Amal"-Vergaser die Drosselklappe durch einen Drosselkolben ersetzt, sondern in der Strömung nach dem Venturi ist hier ein gewöhnliches Drosselventil (butterfly valve) vorgesehen. Bei dieser Konstruktion wird, ohne Rücksicht darauf, wie groß die Menge der durch-

strömenden Luft ist, der Drosselkolben derart nach oben oder unten verschoben, daß der Druck im Venturi-Hals im wesentlichen konstant gehalten wird. Da sich F ändert, so muß auch f geändert werden, man verwendet hierzu in der gleichen Weise wie auch beim "Amal"-Vergaser eine Düsennadel 3.



1 - Schwimmerkammer, 2 - Drosselklappe, 3 - Düsennadel, 4 - Drosselkolben (choke piston), 5 - Schwebekolben, 6 - Führungsstange (an diesem Teil ist gewöhnlich ein Dämpfer angebracht), 7 - Venturi-Hals.

Abb.11 Die Hauptteile der Konstruktion eines SU-Vergasers



1 - bewegliche Flügel, 2 - Düse (nozzle), 3 - Lagerung der beweglichen Flügel, 4 - Drosselklappe

Abb.12 Der Vergaser K-81

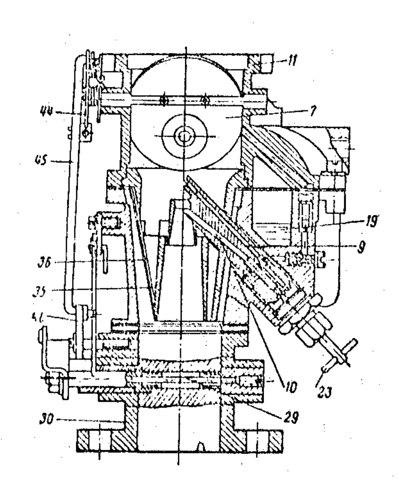


Abb.13 Vergaser der Bauarten K-22 umd K-49

In der Praxis ist an einem Teil des Führungsstabes (6) ein Dämpfer angebracht. Bei den moderneren Ausführungen wird

anstelle des Schwebekolbens eine Membran aus künstlichem Gummi verwendet, wodurch die Reibung wesentlich verringert wird; bei der ursprünglichen Ausführung dieses Vergasers jedoch hatte man keinen Schwebekolben und verwendete statt dessen einen Balg aus Leder[3]. Im Verlauf seiner Geschichte ist dieser Vergaser also immer wieder verbessert worden.

Bei den Vergasern, bei welchen nach Maßgabe des Druckes in der Strömung nach dem Venturi die Querschnittsfläche des Venturi automatisch verändert wird, gibt es 2 verschiedene Bauarten, welche in der Sowjetunion angewandt werden. Die Konstruktion ist zwar außerordentlich kompliziert und man hat auch den Eindruck, daß sie geheim gehalten werden soll (?), die Abb.12 zeigt jedoch einen von der Vergaserfabrik Moskau hergestellten Vergaser[4]; die Drosselklappe 4 wird in nahezu geschlossenem Zustand gezeigt, während der vollständig geöffnete Zustand nicht dargestellt ist; diese Drosselklappe ist so gebaut, daß sie durch die Differenz des Druckes auf die Vorderseite und auf die Rückseite ihrer beiden Flügel um den Auflagerungspunkt (3) geschwenkt wird. Daß sich F ändert, ist zwar ganz klar, die Hauptdüse jedoch (in der Abbildung nicht dargestellt) kann nicht geändert werden (ist fixiert). Der in der Düse (2) entstehende Druck besitzt eine sehr viel kompliziertere Charakteristik als dies bei dem SU-Vergaser der Fall ist[8].

Die Abb.13 zeigt einen von der Vergaserfabrik Leningrad hergestellten Vergaser[9]; in dieser Abbildung ist mit 36 ein Stahlzungenventil bezeichnet, am äußeren Umfang des Venturi-Rohres sind 4 solche Stahlzungenventile angeordnet. Wenn die durchströmende Luftmenge zunimmt, dann biegen sich diese Zungenventile und vergrößern dadurch den Durch-

strömquerschnitt der Luft und gleichzeitig damit strömt auch von der Hilfsdüse (9) her Benzin aus.

In seiner Konstruktion bei weitem einfacher als dieser Vergaser, jedoch ebenfalls mit einem Zungenventil im Venturi arbeitend ist der alte Tillotson-Vergaser[10] und in der Patentliteratur finden wir viele noch kompliziertere Vergaserkonstruktionen.

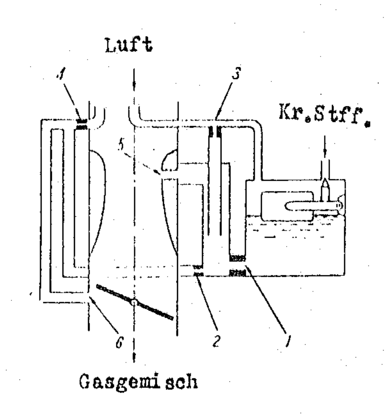
5. Das "slow system"

Wie wir bereits im Abschnitt 2 dargelegt haben, gibt uns die Anwendung der Nebenluft (air bleed) die Möglichkeit, die Form der Kraftstoffluftverhältniskurve beliebig zu ändern. Der in der Abb.4 erklärte Nachteil, welcher darin besteht, daß aus der Düse kein Kraftstoff herauskommt, solange nicht H/h = 1 geworden ist, kann hier nicht beseitigt werden.

Wenn man e.a.b. anwendet, dann wird, wie wir aus der Abb.6 folgemn können, je nach der von dem Kraftstoffspiegel angemessenen Höhe der Nebenluftausströmöffnung, da H/h ein wenig kleiner als 1 ist, der Kraftstoff ausströmen können. Vom Gesichtspunkt der Kompensation her betrachtet ist jedoch dieses Verfahren nicht wünschenswert, denn die Form der M-Kurve bei e.a.b. ist der des einfachen Vergasers sehr ähnlich.

Im vorhergehenden Abschnitt haben wir über ein Verfahren berichtet, gemäß welchem wir praktisch diese Nachteile ausschalten, indem wir, selbst dann, wenn beispielsweise solange, bis H/h = 1 geworden ist, kein Kraftstoff ausströmt, die Menge der dabei durchströmenden Luft klein machen. Die Tatsache, daß wir bei dem einfachen "Amal"-Vergaser und

bei dem SU-Vergaser, sowie bei dem sowjetischen Vergaser K-81 und bei dem Chandler-Groves-Vergaser das "slow system" das wir jetzt beschreiben wollen, noch nicht haben, hängt letzten Endes mit diesem Verfahren zusammen (?).



1 - main jet, 2 - slow jet, 3 - main-air jet, 4 - slow air jet, 5 - main nozzle, 6 - slow port.

Abb.14 Vergaser mit "slow system"

Um nun tatsächlich den Kraftstoff herauszuziehen, ehe H/h = 1 geworden ist, wird dem in der Abb.5 dargestellten System noch ein besonderes System hinzugefügt, und man verfährt gewöhnlich so, wie dies in der Abb.14 dargestellt ist. Das hinzugefügte System wird als das "slow system" bezeichnet, während zum Unterschied hiervon das vorher vorhandene System als das "main system" oder das "high speed system" bezeichnet word.

Da bei einer kleinen Öffnung der Drosselklappe die Geschwindigkeit der durch den Öffnungsspalt der Drosselklappe hindurchströmenden Luft groß ist, so entsteht ein dieser Geschwindigkeitsspitze entsprechender sehr großer Druckabfall. Es ist ganz klar, daß unter Ausnützung dieses Druckabfalles der Kraftstoff herausgezogen wird und wir dürfen die Sache so betrachten, daß hier bin besonderer Vergaser hinzugefügt wurde, bei welchem wir diesen Öff-

nungsspalt als Venturi annehmen.

Bei dem "Amal"-Vergaser und bei dem Weber-Vergaser[4] sind, wie wir aus der Abb.14 ersehen können, in der Unterströmung der Hauptdüse das Hauptsystem und das "slow system" nicht voneinander abgezweigt, während von der Schwimmerkammer an das "slow system" selbständig von dem Hauptsystem abgezweigt ist. Bei diesem System kann man tatsächlich sagen, daß ein besonderer Vergaser hinzugefügt worden ist, das Problem des sehr häufig angewandten, in der Abb.14 dargestellten Systemes besteht jedoch darin, daß es außerordentlich kompliziert ist.

Wenn bei kleiner Öffnung der Drosselklappe der Kraftstoff nur von dem "slow port" her ausströmt, dann strömt die Luft von der Luftdüse des Hauptsystems her in das "slow system" ein und wir haben dann den Zeitpunkt, in welchem das Hauptsystem als Nebenluft (air bleed) des "slow system" wirkt.

Durch den starken auf das "slow system" einwirkenden Unterdruck wird das Ausströmen des Kraftstoffes von der Hauptdüse unterdrückt und es wird verhindert, daß bei einem schwachen Unterdruck im Venturi der Kraftstoff von der Hauptdüse her tropfenweise ausfließt.

Wenn die Drosselklappe nahezu vollständig geöffnet ist, dann wird die Luft, da der Druck in der Hauptdüse niedriger ist als der Druck in dem "slow port", umgekehrt von dem "slow port" zum Hauptsystem strömen, und es kann somit auch dazu kommen, daß das "slow system" zur Nebenluft (air bleed) des Hauptsystemes wird. Diese Erscheinung bezeichnet man als die Gegennebenluft (counter bleed).

Es ist zwar ganz klar, daß die Öffnung des "slow port" eine Art Venturi-Hals darstellt, je nach dem Öffnungsgrad der Drosselklappe jedoch ist die Querschnittsfläche dieses Teiles verschieden und die gegenseitige Lage von "port" und Drosselklappe ändert sich. Dadurch wird der auf das "slow system" einwirkende Unterdruck nicht nur eine Funktion der Menge der vom Motor angesaugten Luft, sondern auch eine Funktion des Öffnungsgrades der Drosselklappe und somit eine Funktion des Druckes in der Ansaugleitung.

Im Falle eines einfachen Vergasers ist das Kraftstoffluftverhältnis lediglich eine Funktion der durchströmenden Luftmenge, und es ist unabhängig von dem Öffnungsgrad der Drosselklappe und von dem Druck in der Ansaugleitung; das Kraftstoffluftverhältnis jedoch, wie es vom Motor verlangt wird, ist keineswegs nur eine Funktion der Menge der durchströmenden Luft. Dieses vom Motor verlangte Kraftstoffluftverhältnis ist bekanntlich bei einer und derselben abgegebenen Leistung des Motors verschieden, je nachdem wir eine hohe Drehzahl und ein niedriges Drehmoment oder eine niedrige Drehzahl und ein hohes Drehmoment haben
Um dafür zu sorgen, daß ein Vergaser dieser Forderung gerecht wird, genügt es, die oben beschriebenen besonderen Eigenschaften des "slow system" geschickt auszunützen.
Zu diesem Zweck genügt es natürlich nicht einfach von dem "slow system" zu sprechen, sondern in der Praxis muß man dafür sorgen, daß bis zu den verhältnismäßig hohen Leistungen hin das "slow system" mit dem Hauptsystem gemeinsam arbeitet.

Um das slow system in dieser Weise auszunützen, muß man eine genaue Kenntnis über die Druckverteilung auf den

Wandflächen des Drosselklappenkörpers bei kleiner Drosselklappenöffnung haben, über diese Frage gibt es jedoch nur eine spärliche Veröffentlichung von Noda[11].

Über die verschiedenen oben dargelegten Wirkungen des "slow system", welche wir im Zusammenhang mit dem Hauptsystem erfaßt haben, gibt es ins einzelne gehende qualitative Erklärungen[12], zur Zeit gibt es jedoch noch keine Veröffentlichung über eine analytische Forschungsarbeit auf diesem Gebiet.

6. Die Zerstäubung des Kraftstoffs

Bei unseren vorausgehenden Darlegungen haben wir die Frage der Steuerung des Luftkraftstoffverhältnisses beim Vergaser als das Hauptproblem untersucht, dabei haben wir bei der eingangs gegebenen geschichtlichen Entwicklung des Vergasers unsere Meinung dahingehend ausgesprochen, daß eigentlich kein Grund vorliegt, auch den Zweck des Vergasers, der in der "Vergasung" liegt, heute als überholt zu bezeichnen. Bei der Gasgemischverteilung auf die einzelnen Zylinder eines Mehrzylindermotors, wie auch beim Beschleunigen und beim Verzögern usw. kommt das Problem der Ansprechfähigkeit auf die einzelnen Betriebszustände hinzu, und machen die Sache noch mehr kompliziert.

Bei einem Vergaser kommt es darauf an, daß der Kraftstoff möglichst gut und fein zerstäubt und zum Schweben in der angesaugten Luft gebracht wird und daß auf diese Weise eine gute Vergasung zustande kommt. Wenn man früher von einer Erforschung des Vergasers gesprochen hat, dann war dabei das zentrale Problem die Zerstäubung des Kraftstoffes, viele Betrachtungen und Forschungsarbeiten sind über

dieses Thema durchgeführt worden. Daß die Nebenluft (air bleed) und das Doppelventuri eine hervorragende Wirkung auf die Zerstäubung des Kraftstoffes haben, steht außer allem Zweifel. Über die Änderung des Strömungssystems mit dem Benzin in der Hauptdüse und mit dem Zweiphasenluftstrom in Abhängigkeit von der zugeführten Nebenluft und darüber, welches Strömungssystem für die Zerstäubung des Kraftstoffes am günstigsten ist, gibt es eine ganz neue Forschungsarbeit von Hosho u.a.[13].

Bei der Frage nach dem Einfluß der Drosselklappe des Vergasers auf die Gasgemischverteilung gibt es zwar Modellversuche, welche sich ganz speziell die Klärung des Verhaltens des sich an den Wänden der Ansaugleitung festsetzenden Kraftstoff-Filmes zum Ziel gesetzt haben[14], und zur Messung der Menge dieses Kraftstoff-Filmes am praktisch laufenden Motor ist auch ein ganz einfaches Verfahren in der Literatur veröffentlicht worden[15].

Da es bei der Lösung des Problemes der Kraftstoffzerstäubung ziemlich schwierig ist, das Ausmaß der Zerstäubung durch eine Zahlengröße auszudrücken, so gibt es über das eigentliche Herzstück dieses Problemes praktisch nur ganz wenige Forschungsberichte. Wenn man den schädlichen Einfluß dieses Kraftstoff-Filmes auf die Gasgemischverteilung und auf das Übergangsansprechen (?) angeben soll, dann kann man sagen, daß selbst dann, wenn gar keine Vergasung stattfindet, und wenn nur ganz feine Kraftstoffteilchen schwebend erhalten werden, dieser schädliche Einfluß nur ganz gering ist.

Wenn man das oben erwähnte Verfahren zur Messung der Bil-

dungsmenge des Kraftstoffhäutchens benützt, dann ist zu erwarten, daß es durchaus möglich ist, die verschiedenen Einflüsse auf die Bildung des Kraftstoffhäutchens zahlenmäßig zu erfassen, welche von der Nebenluft, vom Venturi, von der Düse, von den verschiedenen "slow port"-Arten, von der Drosselklappe und anderen derartigen Störungsquellen, sowie von der Erwärmung und der Form der Ansaugleitung herrühren. In diesem Literaturbericht werden ein Vergaser mit veränderlichem Venturi, bei welchem angenommen wird, daß er eine gute Zerstäubung hat, und ein gewöhnlicher Vergaser miteinander verglichen; dabei hat es sich gezeigt, daß in der mengenmäßigen Bildung des Kraftstoff-Filmes geldliche Unterschiede vorhanden sind.

7. Das Beschleunigungssystem

Wenn man die Drosselklappe ganz plötzlich öffnet, dann strömt zwar sofort die Luft durch, da jedoch beim Kraftstoff das spezifische Gewicht größer und auch die Trägheit größer ist, so beginnt der Kraftstoff erst später zu fließen. Aus diesem Grunde spricht man davon, daß das Luftkraftstoffverhältnis vorübergehend kleiner wird, in der allerletzten Zeit ist jedoch ein Forschungsbericht erschienen, in welchem dies mathematisch machgewiesen wird[16].

Um dieses Nacheilen zu kompensieren, wird gewöhnlich ein sogenanntes Beschleunigungssystem vorgesehen, das mit einer Beschleunigungspumpe arbeitet. Selbstverständlich haben die Kapazität dieser Pumpe und ihre Ausspritzperiode einen großen Einfluß auf die Beschleunigung des Motors; da ein Zusammenhang mit der Charakteristik der Antriebsmechanik des Motors besteht, so kann dieser Einfluß nicht ausschließ-

lich vom Motor her bestimmt werden; heute sind wir wohl im allgemeinen soweit, daß, wenn es sich um ein Kraftfahrzeug handelt, diese Zusammenhänge durch Versuche bei der praktischen Fahrt mit dem Kraftfahrzeug bestimmt werden. Die Veröffentlichung zahlenmäßiger Werte hierüber ist bis jetzt noch ganz spärlich, in der neueren Zeit wird jedoch dieses Gebiet mehr und mehr als Forschungsthema aufgegriffen[17-20].

Die beiden Forschungsarbeiten von Saito[20] und Goluschko[19] zeigen unerwartet ähnliche Ergebnisse. Sie haben den Motor auf einen Spezialprüfstand festgespannt, auf welchem man den Beschleunigungswiderstand des Kraftfahrzeuges reproduzieren kann, und man hat dabei den Einfluß der Kapazität der Beschleunigungspumpe auf die Beschleunigung des Kraftfahrzeuges untersucht, dabei haben beide Verfasser ganz ähnliche Ergebnisse erhalten. Goluschko bezieht sich auf die Ausspritzperiode, welche bei der für seine Versuche verwendeten Beschleunigungspumpe vorauseilt. Im allgemeinen stellt man die Feder der Beschleunigungspumpe nicht so ein, daß sie eine Verzögerung bewirkt; wenn der Beschleunigungskolben einfach abgezwickt (?) (abgenagt? angefressen?) ist, dann wagen wir zu behaupten, daß es überhaupt keinen Sinn hat, den Gestängemechanismus des Vergasers vor Zerstörung zu bewahren.

Für die Erforschung derartiger Übergangserscheinungen und Pulsationserscheinungen ist die Entwicklung eines Strömungsmengenmessers wünschenswert, welcher eine gute Ansprechfähigkeit besitzt, welche die getrennte Messung der einzelnen Systeme des Benzins gestattet, und der zudem bei der praktischen Verwendung bequem zu handhaben ist.

8. Schlußwort

Da uns nicht allzu viel Raum zur Verfügung steht, so wollen wir zum Schluß noch einige problematische Punkte, über die wir bis jetzt noch nicht gesprochen haben, so wie sie uns gerade einfallen, kurz berichten.

Die Geschichte des Vergasers ist alt, analytische Untersuchungen des Vergasers gibt es jedoch nur ganz spärlich. Die Charakteristik eines Zweifachventuri oder eines Dreifachventuri, insbesondere wenn man auch den Fall berücksichtigt, daß Benzin ausgespritzt wird, stellt uns vor schwierige Probleme[21], die Temperatur des Benzines[22], der Zustand der angesaugten Luft (insbesondere auch ihr Feuchtigkeitsgehalt)[23], all diese Faktoren üben ihren Einfluß auf die Charakteristik des Vergasers aus und man könnte denken, daß ihre Klärung zu den allerersten Schritten bei der Entwicklung des Vergasers gehörte, tatsächlich aber sind alle diese Punkte bis heute noch keineswegs geklärt. Der Widerstand des Vergasers wirkt zwar im Hinblick auf eine erwünschte Steigerung der Leistung des Motors eher verringernd, dies sind deshalb Probleme, über welche in der Zukunft noch viel nachgeforscht werden muß. Auch die Erforschung der Pulsationscharakteristik und der Übergangscharakteristik muß von diesem Gesichtspunkt her betrachtet werden.

Auch in anderer Hinsicht gibt es noch viele Probleme der Prüfverfahren zur Aufrechterhaltung der Gleichmäßigkeit der Erzeugnisse. Es gibt viele Versuchsergebnisse, welche zeigen, daß die Prüfung aufgrund des Motors (mit dem Motor?) eine sehr schlechte Reproduzierbarkeit erbringt. Es hat auch den Anschein, daß in der von einer "Nash"-Pumpe

kommenden Ansaugluft Pulsationen mit langen Perioden vorhanden sind. Weiterhin hat man deutlich den Eimdruck, daß der Viskosität des Benzins bei der Prüfung der durchströmenden Menge viel zu wenig Beachtung geschenkt wird. Jedenfalls gibt es noch sehr viele Probleme, bei denen man berücksichtigen muß, daß herausgefordert durch bekanntgewordene Schadensfälle die Gleichmäßigkeit der Erzeugnisse sehr umstritten ist.

Literaturhimweise

1) F.Sass: Geschichte des Deutschen Verbrennungsmotorenbaues, Springer, 1962.

2) F.C.Stokes: Carburation practice in aero-engines, A History of the development of carburettors for special aircraft requirements, Aircraft engineering, 1936, S.96.

3) R.W.A.Brewer: Carburation, London, 1913.

4) H.Illgen: Vergaser-Handbuch, VEB Verlag Technik, Berlin, 1963.

5) Tomitsuka: Die Geschichte der Brennkraftmaschine und die Brennkraftmaschinentechnik, Bd.1, 1936.

6) Asano u.a.: Die von der Nebenluft herrührende Änderung der Vergasercharakteristik, Jap.Gesellschaft für Mechanik, Forschungsarbeit Nr.751 (11.3.1966), S.23-26 (ein Sonderdruck über die näheren Einzelheiten ist in Vorbereitung) Nach der Veröffentlichung der vorliegenden Forschungsarbeit ist der nachstehend beschriebene Artikel bekanntgeworden, die Verfasser der vorliegenden Arbeit glauben jedoch, daß sie sehr viel allgemeinere Schlußfolgerungen gegeben haben. Dieser Artikel ist in der März-Nummer dieser Zeitschrift in Übersetzung erschienen.

V.Linzer: Die Brenngemischbildung in Vergasern MTZ, 27.Jahrgang Nr.1, S.11-17.

7) Hachida u.a.: Brennkraftmaschinen-Handbuch, 1960.

8) H.John: Anpassung von Vergasern mit automatisch verstellbarem Luftrichter, Kraftfahrzeugtechnik 1961, S.8-14.

9) W.I.Anochin, Inländische Automobile, Zeitschrift "Maschinostrojenie" 1964.

10) Dyke's Automobile and Gasoline Engine Encyclopedia, 1920, S.183.

11) Tomitsuka: Fahrräder und Motorräder, Corona-Verlag 1954.

12) O.K.Schuchow: Die Emulsionsvergaser, Maschgis 1962. (Eine vollständige jap.Übersetzung ist vorhanden).

Asano u.a.: "Die Maschinenforschung",Bd.17, Heft 10 bis Bd.18, Heft 2 (fortgesetzt).

13) Hosho: Die Strömungsformen in der Hauptdüse des Vergasers, Zeitschrift "Hitachi Hyoron", Bd.47, Heft 8, 1965, S.35-44. Vollständige deutsche Übersetzung ist vorhanden.

14) Takahama u.a.: Der Einfluß der Drosselklappe auf die Gasgemischbildung in Benzinmotoren. Jap.Gesellschaft für Mechanik, Forschungsarbeit Nr.143, S.133-136 (16.10.1965).

15) I.Ja.Rajkow u.a.: Zur Frage der Kraftstoff-Filmbildung in den Vergasermotoren, Awtomobilnaja Promyschlennostj, Nr.11, 1964, S.6-10. Übersetzung vorhanden.

Yoshika: Die Maschinenforschung, 1966, S.698-700.

16) Hosho u.a.: Untersuchung der Übergangserscheinungen der Vergaserkraftstoffsysteme. Arbeiten der Jap.Gesellschaft für Kraftfahrzeugtechnik, 1966, Heft vom September S.1-6.

17) Usumichi: Die Prüfung der Übergangscharakteristik der Vergaser für Kleinmotoren. Sammlung der Referate auf der Herbsttagung 1958 der Jap-Gesellschaft für Kraftfahrzeugtechnik, S.153-158.

18) Tanaka u.a.: Untersuchungen über die Bewegungscharakteristik der kleinen Benzinmotoren (1.Bericht), Sammlung der noch nicht veröffentlichten Arbeiten (6), S.27-32.

19) I.F.Goluschko: Der Einfluß der Vergaserbeschleunigungspumpe auf die Beschleunigung des Motors ZIL-130, Awtomobilnaja Promyschlennostj, Nr.6, 1965, S.1-3.

20) Saito u.a.: Die Beschleunigungsprüfung auf dem Prüfstand bei Kraftfahrzeugmotoren und ihre Ergebnisse, Sammlung von Arbeiten der Jap. Gesellschaft für Kraftfahrzeugtechnik, 1966, Mai-Heft, S.91-98.

21) Yoshika: Die Wirkung des Doppelventuri bei der Karburation (1.Bericht) Arbeiten der Jap.Gesellschaft für Mechanik, 1.11.1940, S.69-72.

22) W.A.Orlow: Untersuchung der Arbeit des Vergasers im Kraftfahrzeug bei den verschiedenen Temperaturzuständen, Awtomobiljnaja Promyschlennost, Nr.11, 1963, S.29-32.

23) A.Bolt and M.Boerma: The influence of inlet air conditions on carburetor metering, SAE paper Nr.660119, 1966.